

単磁区磁性粒子の交流消磁・非履歴性残留磁化理論

AFD and ARM theory of single-domain assemblage

網川 秀夫[1]

Hideo Tsunakawa[1]

[1] 東工大・理・地球惑星

[1] Earth and Planet. Sci., TITECH

古地磁気・岩石磁気学において、交流消磁・非履歴性残留磁化はきわめて広く利用されているが、いまだ適切な理論は確立されていない。単磁区磁性粒子の熱消磁・熱残留磁化理論 (e.g. Neel, 1954) が確立され火山岩の自然残留磁化の解釈に適用されていることと比べて、大きな問題として残されている。これまでの代表的な理論的研究として Jaep (1969, 1971) があるが、ARM の解析解を求めるときに、交流磁場による磁気モーメント方向の時間的変化を計算しつつ、熱平衡を仮定して最終的な解を出すという不自然な導出を行っている。Walton (1988) は、段階的に振幅が減少する交流磁場を仮定して磁気モーメント方向の時間的変化を計算しているが、その途中で矛盾する結果を残したまま最終式を導出している。さらに、磁化容易軸が交流磁場とランダムに傾いた単磁区磁性粒子群のケースでは単純に $1/3$ のファクターを乗じて近似しているが、ARM では 45° 傾いた場合に関して保磁力が対称的になるので、TRM のような近似 (Neel, 1954; Stacey and Banerjee, 1974) をそのまま適用することはできない。

ここでは、次の仮定をして、単磁区磁性粒子群の交流消磁・ARM の解析解を求めた。

- 1) 単磁区磁性粒子は一軸異方性 (形状磁気異方性起源) をもつ。
- 2) 磁性粒子群で、保磁力および交流磁場との傾角は均一である。
- 3) 磁気モーメントの反転は Stoner & Wohlfarth (1948) の式に基づいており、coherent rotation をする。
- 4) 磁性粒子間の相互作用はない。
- 5) 交流磁場は正弦波であり、その振幅は準静的に減少する。
- 6) ARM 獲得時の直流磁場は、保磁力に対して微小である。

以下に、解析解から得られた見知をまとめる。

- 1) 交流磁場が減少して保磁力に達すると、磁気モーメントは急速にロックされ始めるが、通常の減少率 (e.g. 100mT/60sec) の条件下では一回の正弦波でロックされず、保磁力以下でも十分に反転しうる。その結果、有効的なブロッキング磁場は保磁力よりも小さくなる。保磁力が小さい磁性粒子ほど、そのずれは大きくなる。
- 2) 有効ブロッキング磁場は、交流磁場振動数に依存する。しかし、通常の振動数 (数百 Hz) では、その影響は無視できる。
- 3) テキスト等では、傾角がランダムに分布する磁性粒子群の交流消磁は、傾角 0° 、 90° のものから徐々に $+/-$ 方向にロックされてキャンセルするというイメージである。しかし、上記 1 の結果によると、各々の傾角の粒子群内において $+/-$ 方向へ等確率でロックされることになり、その粒子群内だけでもキャンセルしあう。
- 4) 傾角が 45° に近いほど、ARM の獲得効率が大きくなる。TRM/ARM 比を求めると、傾角 0° では $1.7 \sim 2.3$ であり実験事実 (> 2) と合致する。しかし、傾角 45° では TRM/ARM = $0.4 \sim 0.7$ であり、小さくなってしまう。
- 5) 傾角がランダムに分布する磁性粒子群では、 45° 付近の ARM が全体の ARM の大きさを決める。これは TRM で $1/3$ のファクターを乗じる近似が適用されないことを意味する。結果的に、TRM/ARM は 1 よりも小さくなり、実験事実とあわない。

5 番目の結果は、この計算の仮定が実際とは相違することが考えられる。とくに、ARM においては磁性粒子間相互作用が TRM よりも大きいことが考えられる。静磁的な相互作用がある場合の ARM 獲得についても検討する予定である。